

Gas *versus* electricidad:

uso de la energía en el sector residencial

Por **Maylen Gastiarena, Analía Fazzini, Rodrigo Prieto** (Enargas) y **Salvador Gil** (Enargas y Unsam)

El consumo residencial en la Argentina ha tenido un crecimiento muy acelerado en los últimos años. En 1990, este componente de consumo representaba el 21% del total mientras que para 2015 su participación alcanzó el 27% (Figura 1).

Si analizamos la evolución en el tiempo de los consumos residenciales, tanto los eléctricos como los consumos de gas natural, y la variación del PBI (Figura 2), se observa que el consumo eléctrico residencial es la variable que presenta el mayor crecimiento, al duplicarse cada 15 años, aproximadamente. El aumento del consumo residencial eléctrico supera tanto la variación del PBI como el crecimiento del consumo de gas.

Otra característica importante de los consumos residenciales es que son poco elásticos, es decir, no varían apreciablemente con los ciclos económicos. Esto se evidencia en la figura 2, donde se observa que, en los períodos de recesión, los consumos residenciales no disminuyen en la misma magnitud que varía la economía (PBI) y contrastan con los consumos industriales, que sí son fuertemente dependiendo de los ciclos económicos. Este hecho se puede interpretar admitiendo que los usuarios residenciales, en tiempos de recesión, disminuyen la adquisición de nuevos artefactos, pero continúan usando los que ya han adquirido.



En este trabajo se estudian las características básicas del consumo de gas y electricidad en el sector residencial; en particular, cómo se distribuye el consumo residencial de gas en sus distintos usos y su evolución temporal en los últimos 24 años. También se comparan los consumos residenciales a gas y eléctricos entre sí y su distribución en los distintos usos domésticos.

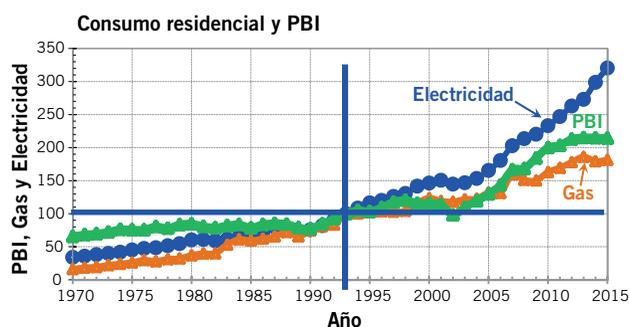
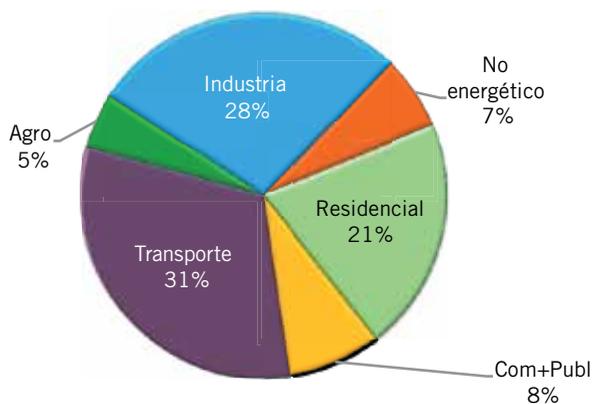


Figura 2. Variación relativa de los consumos residenciales y PBI, tomando como base los valores de 1993 que se asignan como 100. El PBI está indicado por los triángulos verdes, el consumo eléctrico por los círculos azules y el consumo residencial de gas por los triángulos naranjas. Como se puede observar, el consumo eléctrico residencial es la variable que tiene el mayor crecimiento¹.

Otra característica importante de los consumos residenciales se refiere a los consumos específicos, es decir, los consumos por usuario* y por unidad de tiempo (día, mes o año). Cuando se comparan los consumos específicos residenciales, tanto los eléctricos como los consumos de gas natural (GN), según se ilustra en la figura 3, se observa que, en el nivel nacional, el consumo específico de GN por redes es un factor 4 mayor que el consumo eléctrico residen-

Consumo de energía argentina, año 1990



Consumo de energía argentina, año 2015

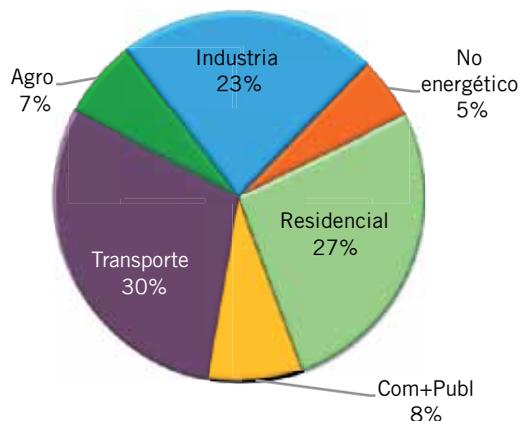


Figura 1. Distribución del consumo final en la Argentina. En 1990 (izquierda) la participación del consumo residencial era del 21%, en 2015 (derecha) la participación en el consumo residencial llegó al 27%¹.

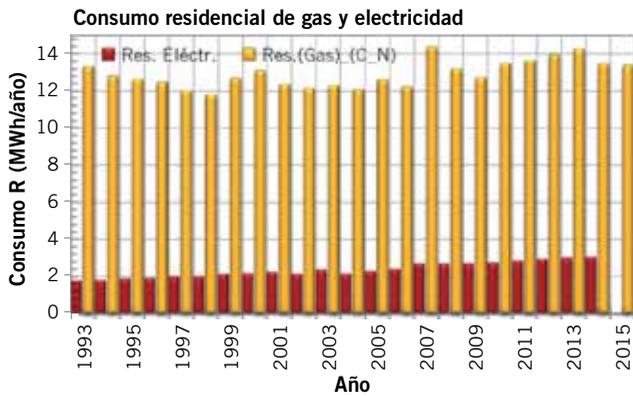


Figura 3. Variación de los consumos específicos residenciales, eléctricos (barras rojas) y gas natural (barras amarillas) de la zona centro norte como función del tiempo. Los consumos medios de gas natural indicados aquí corresponden a la región centro-norte de la Argentina.

cial promedio. A continuación nos referiremos al consumo residencial de GN de la región centro y norte del país. En esta zona de la Argentina, es decir, al norte del Río Colorado, los usuarios tienen un comportamiento similar, en cuanto a su consumo específico y esta región comprende el 92% de los usuarios del país². En la región al sur del Río Colorado se observa un sobreconsumo, muy posiblemente asociado a los subsidios de la energía en esta región³.

Por otro lado, si se representan los mismos datos de la figura 3, en escalas distintas, de modo de apreciar mejor su variación en el tiempo, como se ilustra en la figura 4; se observa que mientras el consumo específico del gas natural creció en la última década en promedio 0,5% anual, el del eléctrico creció, en promedio, el 3,1% anualmente. Los crecimientos totales de los consumos eléctricos y de gas representados en la figura 2, son consecuencia de dos factores:

- a) crecimiento de los consumos específicos
- b) variación del número de usuarios

En el caso del gas natural, el crecimiento del consumo residencial total en la última década alcanzó el 3,2% anual, mientras que el crecimiento del número de usuarios fue del 2,7% anual.

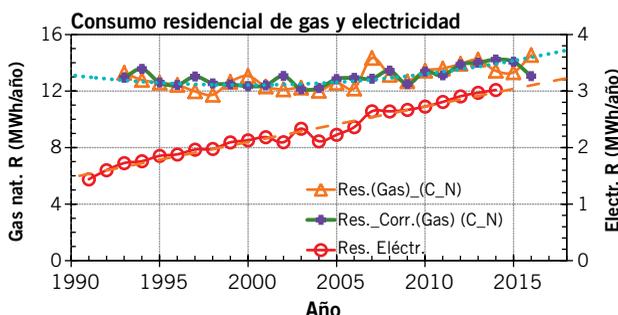


Figura 4. Variación de los consumos específicos residenciales, eléctricos (círculos rojos) referidos al eje vertical derecho y de gas natural (triángulos naranjas) de la zona centro-norte en función del tiempo. Dado que el consumo de gas depende de la temperatura, cuando se corrigen los consumos específicos por los efectos térmicos se obtiene los consumos corregidos indicados por las cruces violetas. En el gráfico se observa que el crecimiento del consumo específico anual eléctrico residencial durante la última década fue del 3,1%, mientras que el correspondiente de GN varió solo en un 0,5% anual en el mismo período.

Un análisis similar del caso eléctrico indica que, el crecimiento anual del consumo residencial total en la última década fue en promedio del 6% anual, mientras que el crecimiento anual del número de usuarios fue del 2,5% anual; y el del consumo específico, del 3,8%.

Estos números guardan relación con el hecho de que la innovación tecnológica genera constantemente nuevos dispositivos de uso domésticos que, en su mayoría, son eléctricos, lo cual conlleva a un incremento notable del consumo específico residencial. Esta observación debería incentivar los esfuerzos por alcanzar un conjunto de normas y estándares de eficiencia energética que incentiven la mejora de su eficiencia; por ejemplo, el etiquetado de eficiencia energética, con una actualización periódica de no más de dos o tres años.

Anatomía del consumo de gas residencial

El gas natural constituye el principal componente de la matriz energética nacional con el aporte de más del 50% de la energía primaria del país⁴. Alrededor del 27% del gas se distribuye a través de redes a los usuarios residenciales. La figura 5 muestra la variación del consumo específico residencial medio de la Argentina a lo largo de un año. Los datos que se muestran en esta figura son el promedio de los consumos residenciales específicos entre los años 2010 y 2015. Los consumos de los meses de verano (enero y diciembre) coinciden con el consumo base, es decir el consumo de gas usado en cocción y calentamiento de agua, área verde en la figura 5. Como se observa, esta separación puede realizarse de manera simple, ya la variación de consumo base es relativamente suave con la temperatura y como veremos puede determinarse con buena precisión a partir de los datos de consumo. La abultada "joroba" amarilla de los meses de invierno corresponde al consumo de calefacción y en promedio es del orden del 56%(±4%) del consumo residencial de gas. Claramente esta proporción puede cambiar según la rigurosidad de los inviernos.

El consumo de cocción puede obtenerse del análisis de los datos de consumo de edificios que tienen servicios de calefacción y calentamiento de agua centrales.

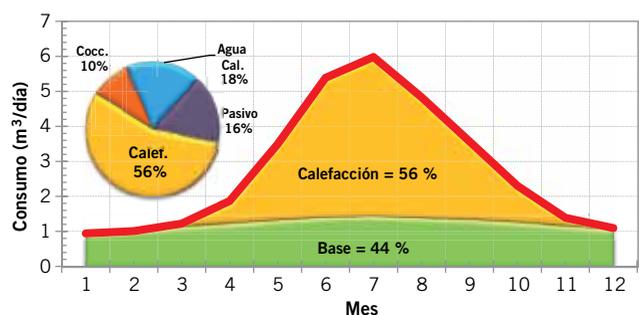


Figura 5. Variación de los consumos específicos residenciales de gas como función de los meses del año. Los datos ilustrados aquí son un promedio entre los años 2010 y 2015 para la región centro-norte de la Argentina. El diagrama de torta, ubicado en la parte superior, muestra cómo se distribuye el consumo de gas residencial entre sus distintos usos. Los consumos pasivos se refieren a los consumos de mantenimiento de termostato y pilotos de calefones asociado a los sistemas de calentamiento de agua. El consumo de gas usado en calentar agua sanitaria (ACS) es la suma de calentamiento de agua propiamente y los consumos pasivos, es decir, del 34%.

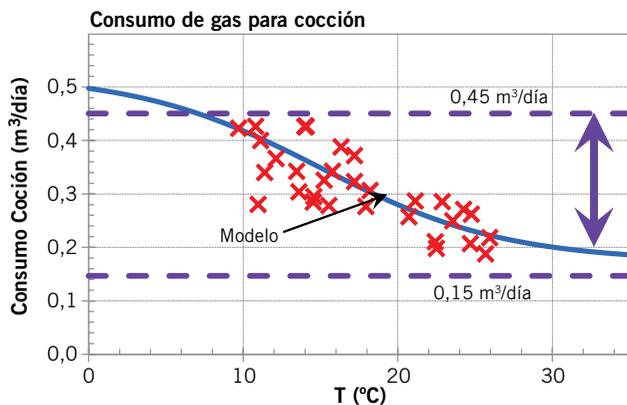
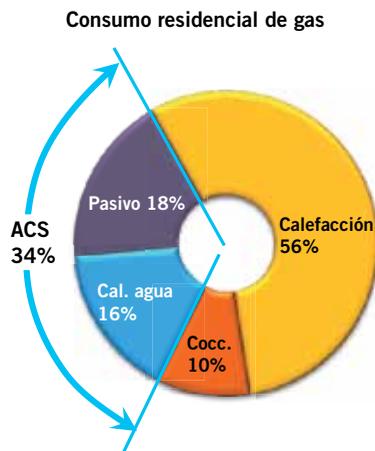
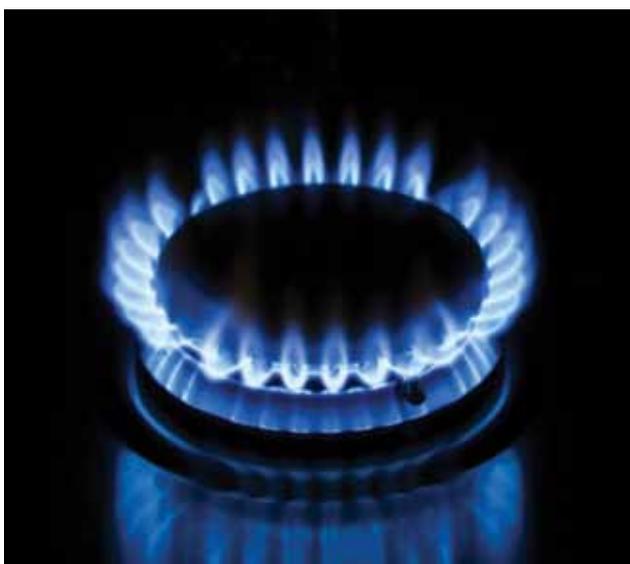


Figura 6. Consumo de gas para cocción. Datos obtenidos de edificios de CABA con servicios centrales. El consumo promedio de gas para cocción es de $0,3 \pm 0,15$ m³/día. Este consumo representa un uso diario de hornallas medianas de 80 min y de 15 min de horno. Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por METROGAS.

En este caso, el consumo de las unidades o departamentos individuales está asociado a los consumos de cocción principalmente. Dado que, en el país, hay muchos edificios y cada uno de ellos con decenas de unidades habitacionales, con estas características, este estudio puede realizarse muy bien, ya que las distribuidoras disponen, por lo general, el registro de estos consumos por más de una década.

En la figura 6 se muestran los consumos en función de la temperatura. Como puede observarse, el consumo para la cocción también depende de la temperatura, y aumenta en los días fríos. Este comportamiento refleja la característica de que las personas tendemos a comer comidas más livianas y frías en los días calurosos que en los días fríos. Los consumos asociados a la cocción son aproximadamente similares para todos los sectores sociales. El consumo de cocción es $0,30 \pm 0,12$ m³/día, equivalente a unos 3,2 kWh/día y puede considerarse representativo de toda la región centro-norte con una variación, con la temperatura, como se muestra en la figura 6.

Un análisis similar puede realizarse con el fin de determinar el consumo de gas para calentamiento de agua sanitaria (ACS). Se trata de tomar el consumo de edificios que



Zona GBA		m ³ /día	m ³ /año	kWh/año
Base	Cocc.	0,30	110	1.184
	Cal. agua	0,50	183	1.974
	Pasivo	0,55	201	2.171
Calefacción		1,70	621	6.710
Total		3,05	1.113	12.038

Figura 7. En el cuadro se observa la distribución de los consumos específicos residenciales de gas para usuarios del Gran Buenos Aires (GBA). En el gráfico, la distribución del consumo de gas en el sector residencial en el GBA. El consumo medio para calentar 185 litros de agua, equivalente a 56 litros/día x persona, de la temperatura media anual (17 °C) a la temperatura de confort, T_c=42 °C, es de unos 0,5 m³/día. Si a este consumo agregamos los consumos pasivos, resulta que en el calentamiento de agua se emplean unos 1,15 m³/día, equivalentes a 12,4 kWh. El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 1.154 m³/año y equivale a 12.479 kWh/año.

solo tienen provisión de agua caliente central para todo el consorcio y prorratearlo por las distintas unidades. De forma más simple y directa, se pueden tomar los consumos específicos de los meses de verano como representativo de los consumos de cocción y ACS; sustrayendo los consumos de cocción, obtenemos los consumos de ACS (Figura 7). En el caso de los sistemas de calentamiento de agua, es importante destacar el papel que cumplen los consumos pasivos. Casi todos los equipos de calentamiento de agua que se usan en la Argentina tienen importantes consumos pasivos (la llama del piloto en los calefones o, en el caso de los equipos de acumulación de agua caliente o termotanques que tienen un consumo de gas que es superior al consumo de los pilotos para mantener el agua caliente acumulada, esto se debe a que aun sin consumo de agua, el quemador se enciende periódicamente para mantener el agua caliente). Estos consumos pasivos ocurren las 24 horas del día, se consume o no agua caliente. El consumo pasivo del piloto de los calefones son del orden del 0,5 m³/día y el de los termotanques varía entre 0,5 a 0,75 m³/día. Obsérvese que estos consumos son, en general, mayores que la energía que se precisaría para calentar todo el volumen de agua sanitaria que una familia típica usa en la Argentina, unos 185 litros por día, equivalente a 56 litros/día x persona, desde la temperatura ambiente a la temperatura de confort de unos 42 °C. El consumo de gas para alcanzar este calentamiento sería de 0,5 m³/día, equivalente a 5,7 kWh/día. Estos valores se muestran en la figura 7.

El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo de importancia en el sector residencial, y muy

posiblemente en el comercial también. En el sector residencial, representa, aproximadamente, el 33% del total. Es decir, para el calentamiento de agua sanitaria se emplea casi el 10% de la energía consumida en la Argentina. Esta observación se explica en parte por el elevado calor específico del agua, que hace que aumentar su temperatura demande mucha energía.

Es preciso señalar que actualmente existen en el mercado local calefones Clase A, que tienen encendido electrónico y, por lo tanto, eliminan el consumo pasivo de los pilotos. Además tienen un rendimiento de quemador o eficiencia de calentamiento superior al 80%, y su costo no supera en un 15% de los equipos convencionales o sea aquellos equipos con etiqueta C, D o aún de más baja en eficiencia, según la Norma NAG 313⁵. También existen calderas y sistemas de calentamiento de agua de alta eficiencia con condensación de vapores, cuyas eficiencias superan el 90%. Desde luego, los sistemas solares híbridos con apoyo de calefones modulantes, Clase A en eficiencia, pueden reducir los consumos en ACS en factores de 8 o 9 respecto de los equipos convencionales actuales⁶. Los calefones Clase A actuales podrían generar ahorros cercanos al 50% en el calentamiento de agua, es decir, entre un 15% y un 18% en el consumo residencial de gas⁷.

Consumo de agua caliente en edificios de Ciudad Autónoma de Buenos Aires

En este estudio, también se consideró el caso de los consumos en edificios con servicios centrales de agua caliente y calefacción, se analizaron los consumos de una muestra de 2.800 edificios, a lo largo de cinco años, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Para cada edificio, se prorratearon los consumos por unidad habitacional o departamentos. En la figura 8 se muestran los consumos de agua caliente para esta muestra. Se observa que los consumos específicos en este sector son de 330 litros/día, equivalentes a 100 litros/día x persona, es decir, son bastante mayores que los valores medios estimados de los datos de facturación para el total de los usuarios de esta misma ciudad, como se ilustra en la figura 5, que resultan en un consumo medio de 56 litros/día por persona. Posiblemente el alto consumo observado en los edificios

con servicios centrales se puede asociar a que sus ocupantes pertenecen, en su mayoría, a sectores sociales medios y altos de CABA, que tienen un consumo específico mayor que el promedio y escasos incentivos a usar racionalmente los recursos energéticos y de agua. Sin embargo, el consumo de cocción de estos sectores es similar al promedio con el valor medio indicado en el Figura 7.

Como se observa, tomando la diferencia entre los consumos específicos promedios anuales y los consumos medios de los meses de invierno, se pueden obtener para cada localidad los consumos de calefacción. En la figura 9 se representan estos consumos, base y de calefacción para varias localidades de la región centro-norte. Se observa que los consumos medios totales de CABA son similares a los del GBA.

Consumo de gas para calefacción en edificios y viviendas

Existe una relación casi lineal entre los consumos de gas, en particular de los consumos de calefacción y el Déficit Grado Día (DGD) de cada localidad³. Esta relación entre consumo de energía para calefacción y DGD ha sido analizada extensivamente en la literatura^{8,9}. Sin embargo, hay algunas desviaciones de esta linealidad, como consecuencia de los niveles socioeconómicos de sus habitantes; situación que se aprecia claramente en la parte izquierda de la figura 9. Localidades, como CABA y Salta tienen DGD muy similares, pero el consumo específico de Salta es menor, seguramente como consecuencia del menor nivel de ingreso de sus habitantes. En muchos lugares, las limitaciones económicas son la causa de que las necesidades de calefacción no se cubran adecuadamente. Desde luego, también intervienen factores climáticos, pero los socioeconómicos surgen con claridad.

Internacionalmente, el problema del calentamiento de agua ha recibido mucha atención, de hecho hay varios informes que discuten este problema^{6,10,11,12}. En la Argentina el consumo de energía para calentar agua sanitaria es del orden del 34% de consumo de gas residencial. Nuestro análisis indica que, en promedio, en la Argentina, se consumen unos 56 litros/día x persona; sin embargo, en los edificios con servicios centrales de agua caliente es cercano a los 100 litros/día x persona.

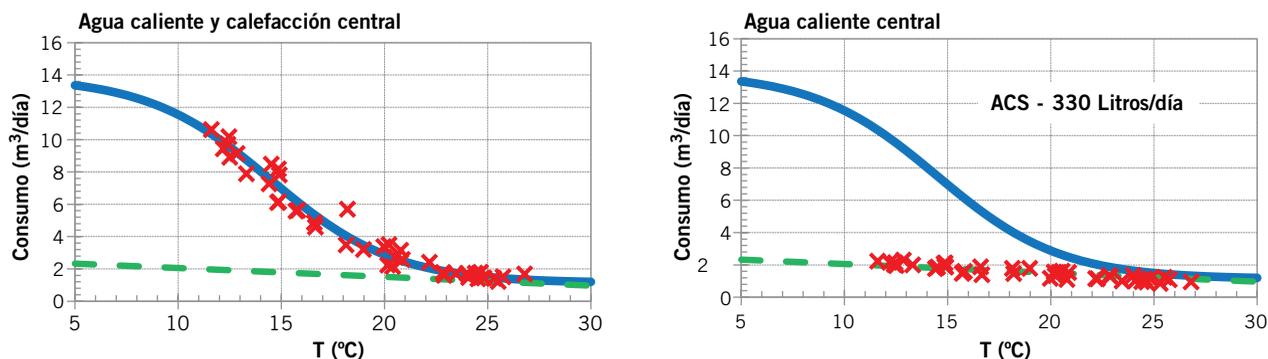


Figura 8. Consumo de gas en una muestra de 2.800 edificios de CABA con servicios centrales de calefacción y agua caliente sanitaria, prorrateado por vivienda. A la izquierda, consumo específico por vivienda de calefacción y ACS como función de la temperatura. A la derecha, se muestran los consumos específicos para edificios que solo tienen servicios centrales de agua caliente, prorrateado por departamento. En ambos gráficos la línea punteada verde y la curva azul son las mismas. La primera modela la variación del consumo combinado de calefacción y ACS; en cambio, la segunda modela la variación de ACS. De este consumo deriva un consumo de ACS de unos 330 litros/día consistente con un consumo medio de 100 litros/día x persona. En este caso, edificios con servicios centrales, el consumo de ACS es mayor que el promedio del país de 56 litros/día x persona.

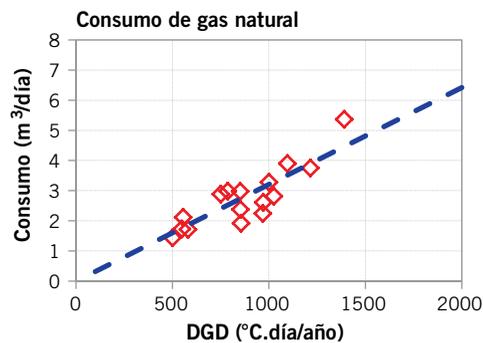
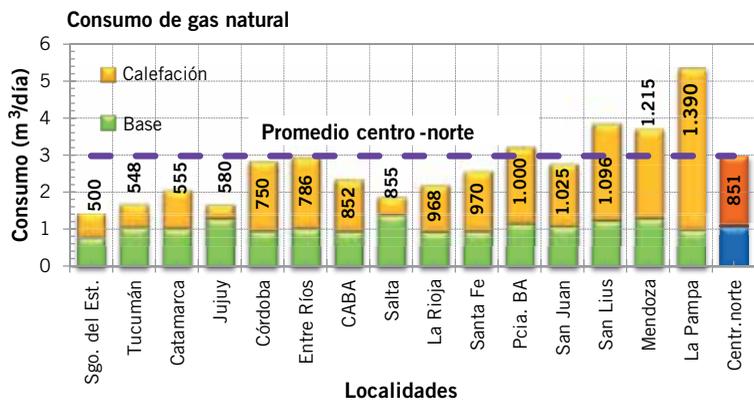


Figura 9. Izquierda, consumo de GN en diferentes localidades de la región centro-norte de la Argentina. Las barras verdes representan el consumo base y la amarilla el consumo de calefacción. Los números en las barras corresponden al Déficit Grado Día (DGD) de la región. A la derecha, se representa el consumo específico de cada localidad en función del DGD. Como se puede observar, hay una relación casi lineal entre estas dos variables.

Ventas equipos de ACS - Año = 2015

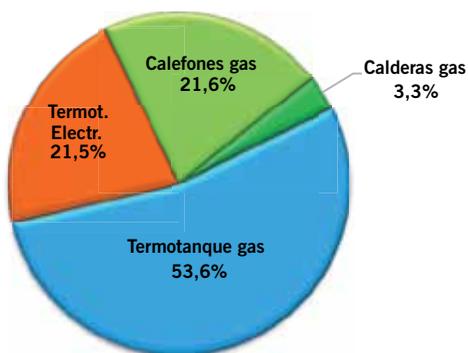


Figura 10. Distribución de la producción de equipos de calentamiento de agua para uso residencial en la Argentina para 2015. Se observa que los artefactos a gas constituyen un 78,4% del total. Fuente CAFAGAS¹³.

Todos los consumos se pueden eficientizar, pero el calentamiento de agua, que depende fuertemente de un artefacto que no es demasiado costoso, es uno de los que ofrecen mayores potencialidades de ahorro⁷. En la figura 10 se ilustran los equipos más usuales de calentamiento de agua en la Argentina. En la figura 11 se resumen los consu-

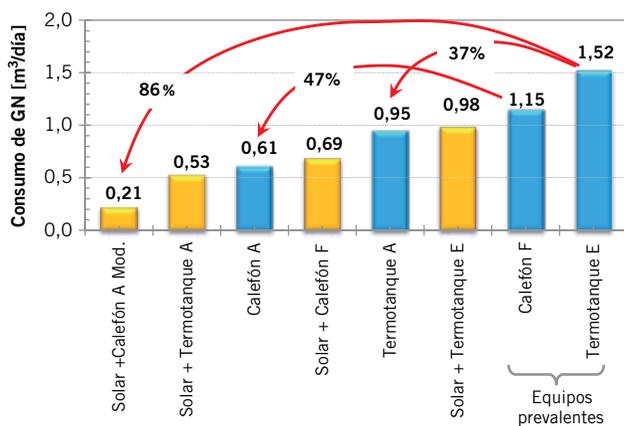


Figura 11. Consumos de GN en el calentamiento de 185 litros/día de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo diario en ACS entre los distintos modos es notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son significativos si se utiliza como respaldo un calefón modulante sin piloto, Clase A. Asimismo, un calefón Clase A consume menos que un sistema híbrido con termotanque de respaldo.

mos de energía para calentar 185 litros/día, con el empleo de diferentes tecnologías. Las posibilidades de ahorro son muy significativas.

Consumo residencial eléctrico

Para su análisis nos basaremos en una combinación de datos estadísticos globales del consumo eléctrico en la Argentina y mediciones individuales más exhaustivas realizadas en una muestra de 30 viviendas de CABA y GBA.



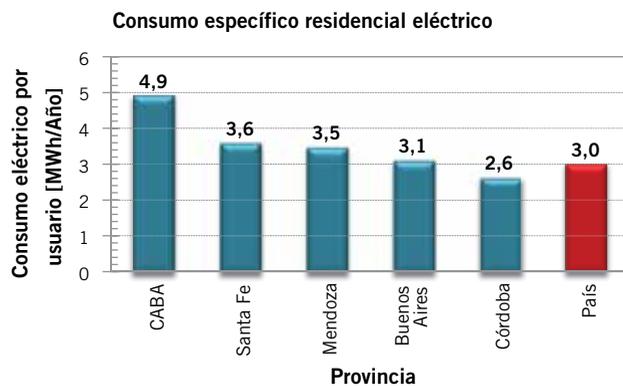
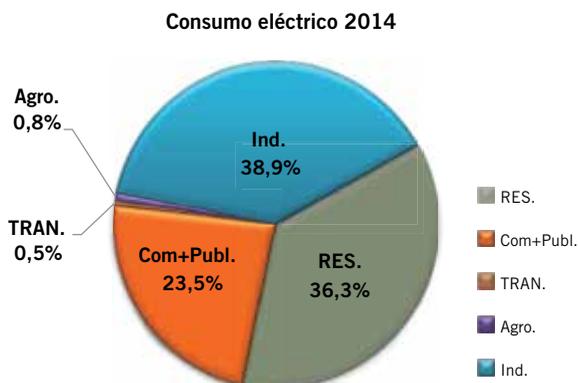


Figura 12. A la izquierda se muestra la distribución del consumo eléctrico entre los distintos sectores de consumo¹. Y a la derecha, los consumos eléctricos residenciales promedio para las principales ciudades de la Argentina. Fuente¹⁴.

Tomando como base los valores de los consumos en el nivel nacional proporcionados por los Balances energéticos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación¹ y las estadísticas económicas del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires¹⁴, se elaboró la figura 12. Como se indicó, el consumo específico de gas es un factor 4 mayor que el consumo eléctrico residencial.

Para analizar la distribución de consumos eléctricos, se realizó un estudio exhaustivo de unas 30 viviendas pertenecientes a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y personal del ENARGAS que participaron voluntariamente en este estudio. Para ello, a cada voluntario se lo dotó de un equipo de medición de potencia y consumo eléctrico¹⁵. Se solicitó que en cada casa se realizara una medición de la potencia de consumo de cada artefacto eléctrico disponible y se estimara tiempo de uso de cada uno de ellos. Luego, con esos datos, se ajustaron los tiempos de uso de modo que el consumo anual fuese consistente con el consumo establecido en la factura de electricidad de la distribuidora para esa vivienda.

En algunos artefactos, como es el caso de las heladeras, se midió el consumo diario a lo largo de todo un día, de este modo se tuvo en cuenta el hecho de que las helade-

ras consumen energía en forma intermitente, con ciclos de funcionamiento y paradas del compresor. En el caso del lavarropas, se midió el consumo de todo un ciclo de lavado típico y se estimó el número de veces por semana en las que se realizaba esta operación. En el caso de las lámparas, se dividieron en dos grupos, las de uso frecuente y las de uso ocasional, para cada grupo se estimaron sus tiempos medio de uso. Con este procedimiento fue posible realizar un gráfico de distribución del consumo eléctrico. En la figura 13 se muestra el resultado para el conjunto de la muestra analizada.

El consumo medio de la muestra fue de 2.709 kWh/año= 2,7MWh/año, que es comparable con los consumos medio de CABA y Buenos Aires, de 3 MWh/año. Esto sugiere que la muestra utilizada es consistente con el comportamiento promedio de esta región del país. Como se observa en la figura 13, el consumo eléctrico más importante en las viviendas de esta zona es el de las heladeras, representado por un 38% del consumo total eléctrico. En segundo lugar, aparece el aire acondicionado (AA Refr.) con un 20% y, en tercer lugar, la iluminación con un 11% del total. Este consumo de iluminación residencial resulta considerablemente inferior a los registrados por otros autores en el pasado¹⁶, lo cual es comprensible, dado que ese estudio se realizó en 2006, cuando las lámparas de uso dominantes eran las incandescentes, previo a su prohibición en 2010. A comienzos de 2016, cuando se realizó este estudio, las lámparas fluorescentes compactas (LFC) ya cubrían casi el 50% del parque. Dado que las lámparas LFC tiene eficacias luminosas de casi un factor 5 respecto de las incandescentes, es natural que el consumo de iluminación sea, en 2016, muy inferior al de 2006.

Si se produjese un reemplazo masivo de lámparas a LED, es previsible que este porcentaje de electricidad dedicado a la iluminación se reduzca casi a la mitad. Asimismo, en las figuras 12 y 13 se sugiere que la magnitud de los ahorros de energía eléctrica podría lograrse por un cambio masivo de lámparas a tecnología LED, dado que la eficacia de las lámparas LED actuales (superior a 100 Lúmenes/Watt) es casi el 60% más eficientes que las LFC y casi 5 veces más eficientes que las incandescentes halógenas, lo que podría significar un 50% de ahorro en iluminación¹⁷. Es decir, el ahorro podría rondar en el 5,5% del consumo total residencial. Considerando que, en promedio, la potencia bruta media de la Argentina es de 25 GW, y sabiendo que el sector residencial consume cerca del 35% del total (Figura 12), este ahorro

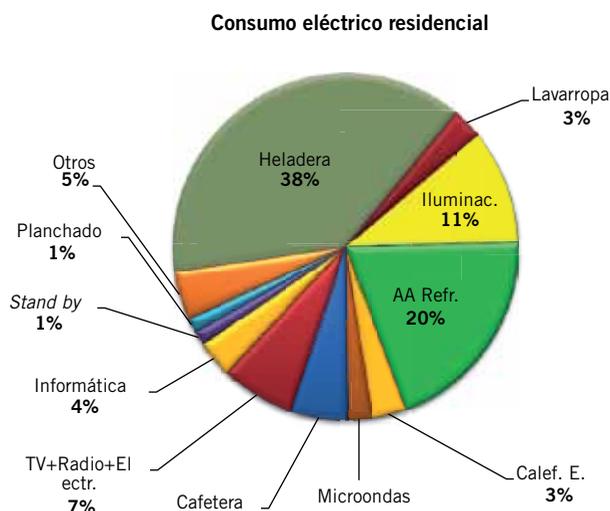


Figura 13. Consumo eléctrico residencial realizado en una muestra de 30 casas de voluntarios de la UNSAM y ENARGAS de nivel socioeconómico medio en la región de CABA y GBA. Calef. E. significa calefacción eléctrica. Fuente: elaboración propia.

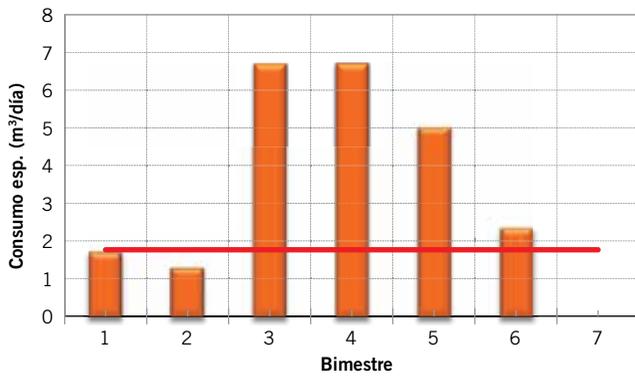


Figura 14. Auditoría de los consumos de gas en una vivienda particular tomando los datos de facturación. El gráfico de barras muestra los consumos específicos para cada bimestre. La línea horizontal es el consumo base medio, obtenido como promedio de los bimestres de verano (1, 2 y 6). Los consumos por encima de la línea horizontal corresponden a la calefacción. Fuente: elaboración propia.

equivaldría a un 1,25 GW de potencia.

Por otro lado, dado que en la Argentina se estima que hay 4 lámparas por habitante, es decir un total de 160 millones de lámparas en el sector residencial¹³, y dado que cada lámpara tiene un costo medio de USD 0,5, un recambio de lámparas tendría un costo de unos 80 millones de dólares, o sea, unas 50 veces menos que el costo que implicaría la generación de los 1,25 GW ahorrados, sin tener en cuenta los costos de transporte y distribución.

En este estudio de los consumos eléctricos, también se realizó, en forma simultánea, una auditoría de los consumos de GN de las mismas viviendas. Este análisis se realizó tomando como base los consumos bimestrales medidos por las distribuidoras de gas para cada casa. Reduciendo estos consumos bimestrales a consumos diarios, como se muestra en la figura 14, se pudieron separar los distintos consumos. Esta distribución de consumo de gas obtenida de la muestra sirvió para corroborar la consistencia de los datos de la muestra con la distribución del consumo obtenida del análisis de los

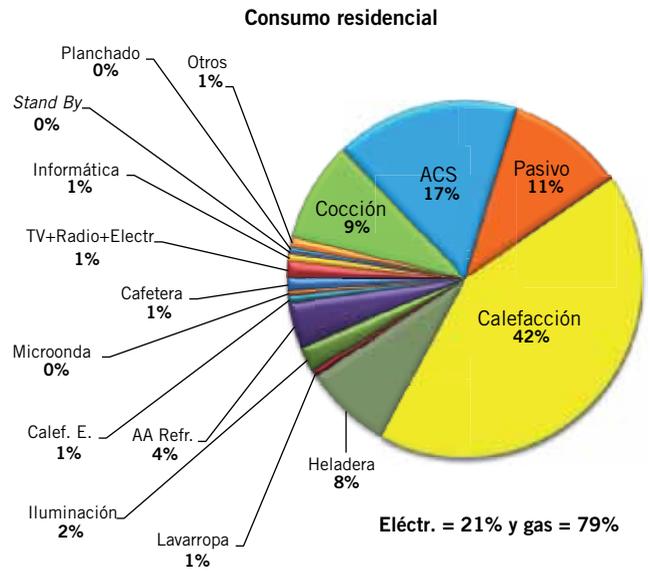


Figura 15. Consumo residencial medio total, incluyendo la fracción de energía que se consume como gas y electricidad, respectivamente. Fuente: elaboración propia.

datos globales, que se muestra en la figura 5.

De hecho, los consumos de gas indicados en la figura 7 son los mismos que los consumos de la figura 5. Tomando los consumos medios de GN que se muestran en la figura 5, pasando los consumos diarios de m³ de gas natural a kWh, y combinado todos los consumos a gas y electricidad, se pudo construir la figura 15, en la que se muestra la distribución de todos los consumos energéticos en una vivienda típica de la región central de la Argentina.

Los consumos indicados en las figuras 12 y 15 para la Argentina se comparan muy bien con los registrados en la región central o continental de España. En ese país se realizó un estudio mucho más exhaustivo y completo, cuyos resultados son comparables con los locales, en particular los mayores consumos residenciales son similares¹⁸.

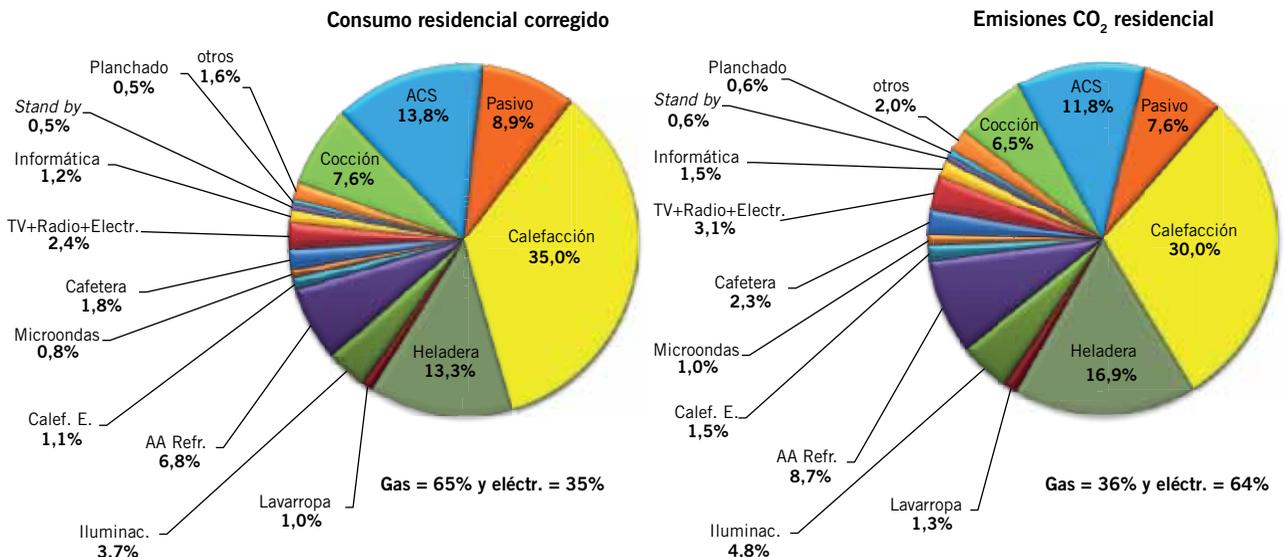


Figura 16. Izquierda, consumo residencial corregido, representativo de la energía primaria usada en generar la energía secundaria consumida. Derecha, emisiones de CO₂ realizadas por el sector residencial. Nótese que esta vez las emisiones de consumo de gas son menores que las emisiones de electricidad. Fuente: elaboración propia.

	Consumo (MWh/año)	Porcentaje consumo %	Emisiones (Ton(CO ₂)/año)	Porcentaje emisiones %
Calefacción	5,46	42	0,98	25
ACS	2,2	17	0,39	10
Pasivo	1,4	11	0,25	6
Cocción	1,2	9	0,21	5
Heladera	1,0	8	0,80	20
AA Refrigeración	0,5	4	0,41	10
Iluminación	0,3	2	0,23	6
Total eléctrico	2,7	21	3,8	96
Total GN	10,2	79	5,8	147
Total Residencial	12,9	100	3,9	100

Tabla 1. Principales consumos en el sector residencial y sus correspondientes emisiones anuales.

Dado que, en gran medida, la electricidad generada en la Argentina proviene del GN, y la eficiencia de conversión y distribución son del orden del 50%, podemos hacer esta corrección en el consumo de energía final y obtener un diagrama que refleje mejor el consumo de energía primaria. Esto se puede observar en el diagrama de torta de la izquierda de la figura 16. A la derecha de esta misma figura, se representan las contribuciones a las emisiones de CO₂ de los distintos artefactos de usos residencial. En este último diagrama, se tuvieron en cuenta todas las emisiones asociadas a la generación eléctrica, incluyendo todas sus formas, particular para el GN se usó 1,95 kg (CO₂/m³), equivalente a 0,18 kg (CO₂/kWh), mientras que para la electricidad el factor de emisión usado fue 0,535 kg (CO₂/kWh), que es un factor 3 superior al del GN1. Como se observa en estos diagramas, en términos de energía consumida, la fracción de gas usada es mayor que la fracción de energía eléctrica. Sin embargo, en término de emisiones globales, la componente eléctrica del consumo supera al sector del gas natural. En la tabla 1 se indican los consumos de los principales artefactos de uso residencial.

Conclusiones

En este trabajo se realizó un análisis de los consumos a gas y electricidad en el sector residencial. El estudio está basado tanto en datos globales de consumos a gas y electricidad suministrados por el ENARGAS y el Ministerio de Energía y Minería de la Nación, en muestras grandes de usuarios de gas de la región del CABA y auditorías de viviendas en una muestra de 30 unidades del GBA y CABA.

Las características básicas del consumo de gas, que se resume en la figura 7 establecen que, aproximadamente, el 54% del gas se emplea en calefacción, seguido por un 34% que se utiliza en el calentamiento de agua sanitaria. De este consumo, cerca del 18% es consumo pasivo, es decir un consumo no útil que se debería y se puede evitar. La cocción comprende cerca del 10% del consumo de gas residencial. En cada uno de los segmentos del consumo de gas, es posible hacer grandes ahorros, usando tecnologías existentes y de bajo costo.

En el caso eléctrico, el análisis, basado en una muestra representativa pero menor de casos, indica que los cuatro consumos residenciales más importantes son la heladera con un 38%, la refrigeración con aire acondicionado con el 20%, la iluminación con el 11% y los equipos electrónicos (como TV, PC, radios, etc.) un 11%.

En el caso del gas, los consumos pasivos son significativos. En orden de importancia en la Argentina, ellos constituyen el tercer consumo residencial en importancia. Por lo tanto, una política de uso racional y eficiente de la energía debería poner mucho énfasis en la mejora de la aislación térmica de las viviendas y diseños bioclimáticos. De los artefactos de uso doméstico, que ameritan una consideración especial en un programa de recambio se encuentran los equipos de calentamiento de agua, las heladeras, los aires acondicionados, y la iluminación LED.

Actualmente existen, en el mercado local, artefactos de calentamiento instantáneo de agua eficientes (calefones Clase A en el etiquetado de eficiencia energética) que

podrían eliminar este consumo, y permiten ahorrar un 0,7 m³/día (50% de ahorro en ACS) por usuario. Usando equipos solares con apoyo de calefones a gas modulantes de eficiencia A y con encendido electrónico, el ahorro por usuario podría alcanzar el 1,4 m³/día, es decir, casi un 86% de ahorro en el ACS. Esta tecnología podría aportar un ahorro de gas del orden de unos 10 millones de m³/día equivalente a 1/3 de las importaciones de gas.

Por último en la tabla 1 se resumen los principales consumos domésticos en la Argentina y sus emisiones de CO₂. Es de destacar, que para la misma energía, las emisiones eléctricas en el país emiten un factor de 3 más que las correspondientes al gas natural. Esto hace que los artefactos eléctricos tengan una incidencia mayor cuando se los compara en términos de emisiones con los equipos a gas.

Agradecimientos

Agradecemos a los colegas de ENARGAS y alumnos de la UNSAM que participaron en la realización de las auditorías individuales. En especial agradecemos a A. Lanson, J. Cáceres Pacheco y M. Maubro. También agradecemos al Ing. Marcelo Lezama de METROGAS S.A. por su asistencia y su colaboración en distintos momentos de este proyecto, al Ing. Carlos Tanides, al Lic. D. Mielnicki y al Dr. Damián Strier.

Referencias

1. Balances Energéticos-Ministerio de Energía Y Minería, "Balances Energéticos": <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>, 2015.
2. Gil, S., "Posibilidades de ahorro de gas en Argentina- Hacia un uso más eficiente de la energía", *Petrotecnia*, n° 2, abril de 2009, pp. 80-84.
3. Gil S. y R. Prieto, "¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas", *Petrotecnia*, vol. LIV, n° 6, diciembre de 2013, pp. 81-92.
4. «Ministerio de Energía y Minería», disponible en: <https://www.minem.gob.ar>, último acceso: julio 2016.
5. Normas Argentinas de Gas NAG 313 de Calefones-ENARGAS 2012. Disponible en: www.energias.gov.ar
6. Iannelli, R. P. y. S. G. L. Iannelli, "Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos", *Petrotecnia*, vol. LV n° 3, agosto de 2016, pp. 586-595.
7. Gil, S. "¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas?", *Petrotecnia*, vol. LV, xxx de 2014, pp. 82-91.
8. IRAM, "NORMA ARGENTINA IRAM 11603:1996 y IRAM 1160:2002". Aislamiento térmico de edificios Métodos de cálculo Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario, www.iram.org.ar, Buenos Aires, 1996, 2002.
9. Wikipedia, "Heating degree day", 2017.
10. "Trends in global water use by sector United Nations Environment Programme (UNEP)". Disponible en: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html>, último acceso: 29 de junio de 2016.
11. US Department of Energy, "US Department of Energy, 10 CFR Part 430, Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Residential Water Heaters, Direct Heating Equipment, and Pool Heaters; Final Rule", 2010.
12. Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012.
13. CAFAGAS Cámara Argentina de Fabricantes de artefactos a Gas-Buenos Aires, (Comunicación privada), www.cafagas.org.ar, 2015.
14. Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires, "Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013", marzo 2014.
15. OWL, W. E. M. Disponible en: https://www.tlc-direct.co.uk/Technical/DataSheets/Owl/CM119_User.pdf.
16. Tanides, C., "Manual de Iluminación Eficiente-Efficient Lighting Initiative (ELI)", Disponible en: www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion, 2006.
17. Gil R. S., Gil S. y L. M. Iannelli, "Ahorro de 1,5 GW en los picos de consumo eléctrico- Iluminación LED", *Petrotecnia*, diciembre de 2015.
18. IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, "PROYECTO SECH-SPAHOUSEC, Análisis del consumo energético del sector residencial en España", www.idae.es, 2011.

* Un usuario se refiere a una vivienda conectada a la red. Es decir, un usuario corresponde a un medidor o vivienda. Estadísticamente un medidor abastece de gas a 3,3 personas.